

パラメトリックスピーカの諸問題と対策*

鎌倉友男, 池谷和夫 (名大・工)

米山正秀 ((株)リコー)

音波の非線形現象を利用したパラメトリックスピーカはその指向性の鋭さの一つの特長をもつ。これは高い周波数の音波を可聴音である信号波で振幅変調し有限振幅波として送波するもので、音波の非線形相互作用によって信号に関係した2次波が空間内に縦形アレー状に分布する結果として指向性は鋭く、サイドローブは小さい。しかし、1次波から2次波への変換効率が悪いため、それほど大きな可聴音を再生することができない。これは非線形効果を利用しているための避けられない欠点である。

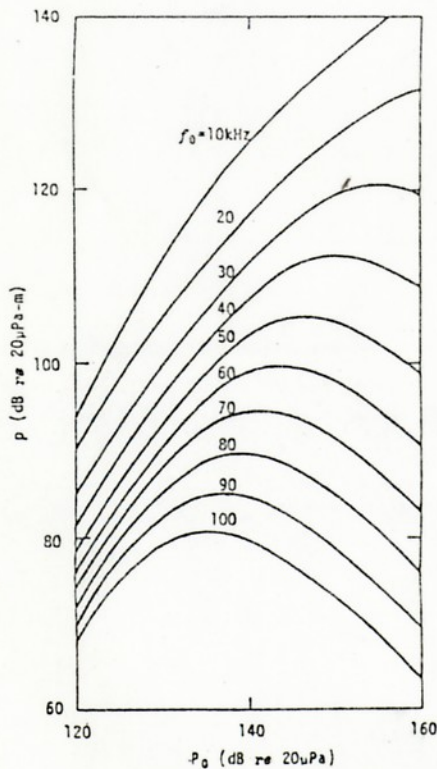


図1. 音源音圧と再生音圧との関係。
 $a=15\text{cm}$, $f=3\text{kHz}$, 気温 20°C ,
 湿度 50% と想定しての計算結果。

いま、半径 a の円形送波器より包絡 $f(t)$ をもつ

$$P_0 = P_0 f(t) \sin \omega_0 t \quad (1)$$

の有限振幅音波を放射したとする。ここで、 P_0 は音源音圧、 $\omega_0 = 2\pi f_0$ を搬送波の角周波数、である。もし、この1次波が十分集束していると仮定すると再生音圧 P は

$$P = \frac{\beta P_0^2 a^2}{16 \rho_0 c_0^2 r} \frac{\partial^2}{\partial t^2} f^2(t) \quad (2)$$

となる。²⁾ なお、 β は非線形パラメータ、 ρ_0 は媒質密度、 c_0 は音速、 α は1次波の吸収係数、である。式(2)より P_0 と大

きくすればその自乗に比例して P も大きくなる。しかしどこまでも大きくなるのではなく、1次波の非線形吸収によって再生音圧に上限がある。

そこで、 $a=15\text{cm}$ の送波器より周波数 $f=3\text{kHz}$ の音波を放射したときの P_0 と P の関係を、 f_0 をパラメータとし1次波のビームの広がりや非線形吸収を考慮して図1に示す。なお、1次波を信号波で平衡変調した、即ち式(1)を $f(t)$ を

$$f(t) = 2 \sin(\pi f t) \quad (3)$$

としたときの計算結果である。³⁾ 搬送波の周波数を低くすれば大きな再生音圧が得られるものの、製法上や広帯域信号の伝送に問題がある。よってその周波数は少なくとも信号波の帯域の5~10倍、例えば信号波の帯域を 5kHz とすると 30kHz 以上にすることが望まれる。また余り搬送波の周波数を高くすると大きな再生音圧が得られない。搬送波の周波数は $30\sim 70\text{kHz}$ が適当と思われる。

* On the problems for practical use of the parametric loudspeaker

T. Kamakura, K. Ikegaya (Dept. of Electr. Eng.) and M. Yoneyama (Ricoh Company, LTD.)

大きな音源音圧であると、無論送波器より十分遠方でも1次波の音圧が高く、これが聴覚に与える影響は大きいと考えられる。そこで送波器より距離し離れた点に1次波は通さるゝで、再生音(差音)のみ通す理想的な音響フィルタがあるとの想定の下に再生音圧を計算したのが図2である。パラメータは音源音圧とし、 L と L_0 - 長さ R_0 を除いた無次元アレ - 長を横軸にとっている。これより、 L/R_0 が0.5~0.7で再生音は十分でき上っており、しかも音源音圧が大きいときにはよりアレ - 長は短い。ただ、音響フィルタを利用するときには再生音のビームパターンが変化しないように注意する必要がある。

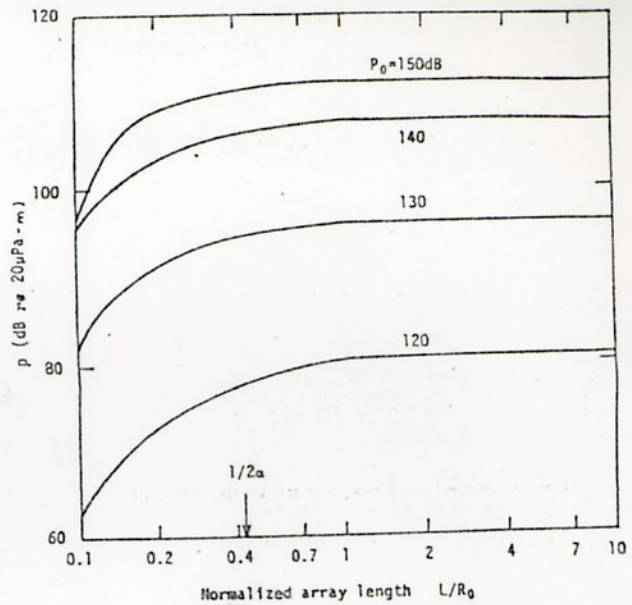


図2. アレ - の長さで再生音圧の関係, $a=15\text{cm}$
 $f=3\text{kHz}$.

次に再生音の高調波ひずみについて検討する。高調波ひずみは式(2)のうち $f^{(+)}$ の操作によって生ずるのであって、よって送波したい信号を $S(t)$ として $f^{(+)}$ を

$$f^{(+)} = \sqrt{1 + S(t)} \quad (4)$$

とすればひずみは理想的にはなくなる。図3はこの変形両側波帯(MDSB)方式と従来の両側波帯(DSB)方式を1次波の変調に選んだときの実験結果である。送波器の周波数特性によってMDSB方式でもひずみが生じているが、DSB方式に比べると全体的に小さくなっている。

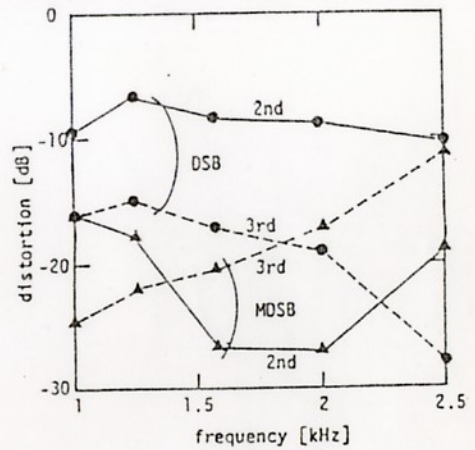


図3. ひずみの周波数特性. 基本波音圧を0dBとしている。

図4は送波器への印加電圧の ρ - Γ 値を一定としたときの、両方式による再生音圧を比較したものである。

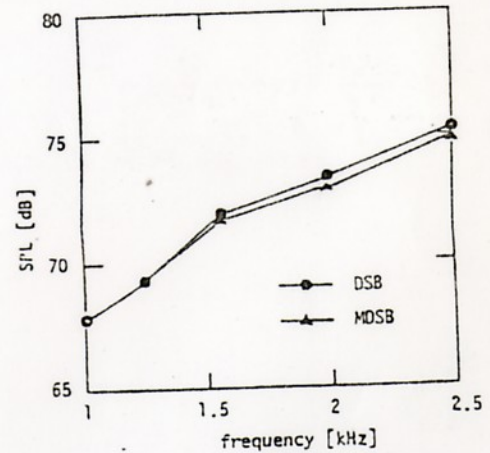


図4. 送波器への印加電圧の ρ - Γ 値を一定としたときの再生音圧, 距離9.5m

この他の問題点として再生音の周波数特性の改善があるが、いずれにしても送波器の特性に依存し、この方面の特性のよいトランスジューサの開発が望まれる。

文献 1) 米山 他, 電子通信学会, 電気音響研究会 EA 81-65

2) H.O. Berklay, J. Sound Vib. 2, 435 (1965)

3) 池谷, 非線形音響部会報告書 (1981) 海音研

4) 鎌倉 他, 昭和58年度関西支部連大 シンポジウム S12